



# 原子内包フラーレンの高効率生成を目指した固体物質レーザーアブレーションプラズマを用いたイオン源に関する研究

著者	藤原 大
発行年	2017
学位授与大学	筑波大学 (University of Tsukuba)
学位授与年度	2016
報告番号	12102甲第8098号
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2241/00148190">http://hdl.handle.net/2241/00148190</a>

氏 名	藤原 大
学 位 の 種 類	博 士 (工学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 8098 号
学位授与年月日	平成 29 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
審 査 研 究 科	システム情報工学研究科
学位論文題目	原子内包フラーレンの高効率生成を目指した固体物質レーザーアブレーションプラズマを用いたイオン源に関する研究
主 査	筑波大学 准教授 (連携大学院) 博士 (工学) 榊田 創 (産業総合技術研究所)
副 査	筑波大学 教授 博士 (工学) 阿部 豊
副 査	筑波大学 教授 博士 (工学) 西岡 牧人
副 査	筑波大学 教授 工学博士 文字 秀明
副 査	産業技術総合研究所 主任研究員 博士 (工学) 加藤 進

## 論 文 の 要 旨

審査対象論文は、原子内包フラーレンの生成率を向上させる固体物質のレーザーアブレーションプラズマによる新たな手法の原理実証を行うことを目的としている。

第 1 章では、原子内包フラーレンの研究背景が述べられている。更に、中性子捕捉療法の毒性を減らす新規薬剤として、ボロン原子内包フラーレンの高効率生成が必要であることが述べられ、当該物質を原理的に生成可能な実験システムの原理実証が目的であると述べられている。第 2 章では、目的を達成するために実験システムに求められる要素について、つまり、フラーレンに衝突する際の高密度の粒子の運動エネルギー制御が重要であると述べられている。解決するために、低エネルギーの高電流密度イオンビームを用いることが提案され、この時課題となる集束性について、既に得られている集束イオンビームの自己集束現象について、各種計測法を駆使して、未解明であった自己集束の原因を明らかにしている。第 3 章では、ボロンプラズマの生成に、高密度化が期待されるボロン固体のレーザーアブレーション法を適用することが述べられている。特に、アブレーションしたボロンイオン等が、内包化に必要と推測される 100 eV の領域の運動エネルギーを有していることを分光計測により見出している。第 4 章では、前章までの成果により、アブレーションしたイオン等を直接昇華したフラーレンに衝突させる手法が有効である考え、その原理実証実験を行い、窒化ボロン固体のアブレーションを行った際に、窒素原子がフラーレンに内包されていることを電子スピン共鳴法により定量的に見出している。以上、本論文は、低エネルギーイオンビームの自己集束現象の原因を解明すると共に、また、原子内包フラーレンの生成率を向上させる固体物質のレーザーアブレーションプラズマによる新たな手法の原理実証実験を成功させた研究について記述したものである。

## 審 査 の 要 旨

### 【批評】

審査対象論文は、タイトルの通り、原子内包フラーレンの生成率を向上させる固体物質のレーザーアブレーションプラズマによる新たな手法の原理実証を行うことを目的としている。目的を達成するためには、フラーレンに衝突する際の高密度の粒子の運動エネルギー制御が重要であることから、低エネルギーの高電流密度イオンビームを用いることを新たに考案している。低エネルギーの高電流密度イオンビームは、集束性が課題となる。所属しているグループにおいて、イオンビームの自発的集束現象が見出されていたが、その原因は不明であった。そこで、藤原君は、ファラデーカップ法、特殊静電プローブ法などの各種計測法を独自に駆使することで、自発的集束後の状態において、イオンビーム伝播チャンバー内に相当量の電子が存在していることを明らかにした(査読付き国際誌掲載済み)。この結果により、自発的集束現象の原因として、イオンビームエネルギーがある閾値を超えると、チャンバー壁面、ターゲット、及び接地電極等からイオン衝突によって2次電子が生成され、これらの電子がイオンの自己電場を中和し、イオンビームの発散を抑制している可能性が強いことを見出した。また、イオン源内の加速電極近傍に誘電体を設置することで、イオン源電位が上昇し、イオンビームエネルギーが増加し、結果的にイオンビーム電流密度が増加する新規な現象について、査読付き国際誌掲載と特許申請を行っている。

次に、固体物質のレーザーアブレーションに関する実験を行っている過程において、レーザーアブレーション法で生成された高密度粒子群をフラーレンへ直接照射することによって、原子内包フラーレンを生成する新たなプロセス手法を発想している。そこで、窒素原子内包フラーレンの生成を試みることで、新規プロセスの実証実験を行い、その結果、窒素原子内包フラーレンが生成されていることを電子スピン共鳴計測により確認している。従って、固体物質のレーザーアブレーションを利用し、この際レーザーエネルギー強度を調節することで内包化に最適な運動エネルギーを制御し、原子内包フラーレンを生成可能であることを実証し、当該手法の特許申請を行っている。

以上本論文の成果として、これまで明らかにされていなかった低エネルギーイオンビームの自己集束現象の原因を解明している。また、固体物質のレーザーアブレーションプラズマによる原子内包フラーレンの生成する新たな手法の原理実証実験を成功させている。藤原君は、当該分野において学術的に新しい重要な知見を見出すと共に、複数の特許申請を行うなど工業的にも有用な新技術を提示していることから、博士(工学)に値すると評価する。

### 【最終試験の結果】

平成29年2月8日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

### 【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。